

特開平10-209414

(43)公開日 平成10年(1998)8月7日

(51)Int.Cl.  
H 01 L 27/14  
H 04 N 5/33

識別記号

F I  
H 01 L 27/14  
H 04 N 5/33  
H 01 L 27/14K  
D(21)出願番号 特願平9-9233  
(22)出願日 平成9年(1997)1月22日

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 11 頁)

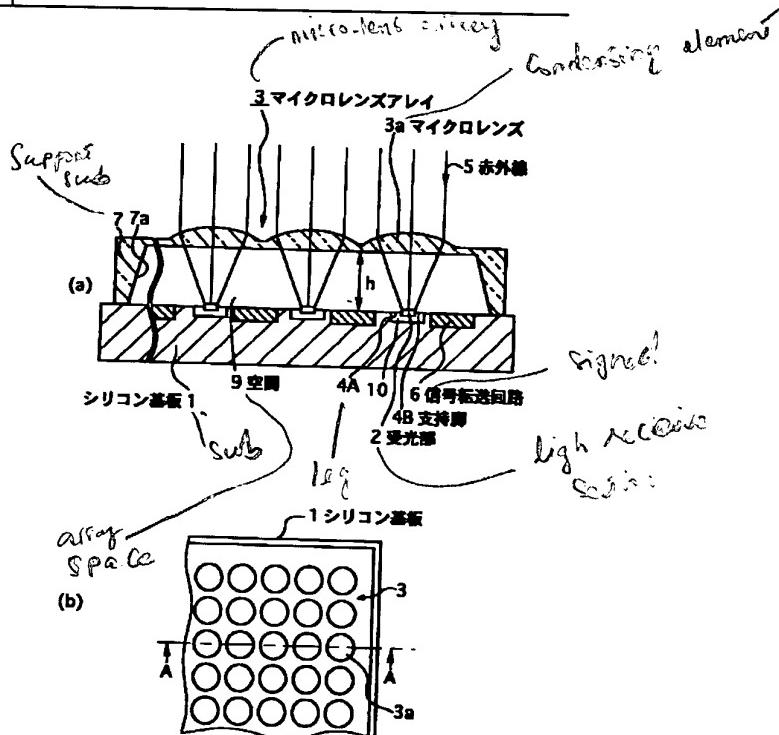
(71)出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(72)発明者 宇田川 寛司  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内  
(74)代理人 弁理士 大森 雄

## (54)【発明の名称】 热型赤外線イメージセンサ

## (57)【要約】

【課題】 マイクロレンズアレイを使用して、高い感度が得られる熱型赤外線イメージセンサを提供する。

【解決手段】 支持基板7に縦横に一定ピッチで多数のマイクロレンズ3aを配置することによってマイクロレンズアレイ3を形成し、シリコン基板1上で各マイクロレンズ3aによる赤外線の集光スポットが形成される位置にそれぞれ受光部2を配置する。マイクロレンズ3aによる集光スポットの大きさに受光部2の大きさを合わせることによって、受光部2に入射する熱エネルギー量を減少させることなく受光部2の熱容量を小さくする。これによって受光部2の温度変化量が大きくなつて感度が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に配列されそれぞれ赤外線を吸収して電気信号に変換する複数個の受光部と、前記複数個の受光部のそれぞれに対応して配置され、入射する赤外線を対応する受光部上に集光する複数個の集光素子よりなるマイクロレンズアレイと、を備えた熱型赤外線イメージセンサにおいて、

前記複数個の受光部の中心はそれぞれ実質的に対応する前記集光素子の焦点上に配置され、且つ前記複数個の受光部の大きさはそれぞれ対応する前記集光素子による赤外線の集光スポットと実質的に同じ大きさに設定されたことを特徴とする熱型赤外線イメージセンサ。

【請求項2】請求項1記載の熱型赤外線イメージセンサであって、

前記マイクロレンズアレイの前記複数個の集光素子はそれぞれ対応する前記受光部に対して空間を隔てて配置され、

前記複数個の受光部の幅は実質的に入射する赤外線の平均波長程度であることを特徴とする熱型赤外線イメージセンサ。

【請求項3】請求項2記載の熱型赤外線イメージセンサであって、

前記複数個の受光部と前記マイクロレンズアレイとの間の空間は真空に保たれていることを特徴とする熱型赤外線イメージセンサ。

【請求項4】請求項1、2、又は3記載の熱型赤外線イメージセンサであって、

前記複数個の受光部はそれぞれ円形か、又は正n角形(nは4以上の整数)であることを特徴とする熱型赤外線イメージセンサ。

【請求項5】請求項1～4の何れか一項記載の熱型赤外線イメージセンサであって、

前記複数個の受光部はそれぞれ前記半導体基板に対して複数個の脚部を介して浮くように支持され、

前記複数個の脚部はそれぞれ熱伝導率が低く、且つ断面積が小さく長い材料より形成されていることを特徴とする熱型赤外線イメージセンサ。

【請求項6】請求項1～5の何れか一項記載の熱型赤外線イメージセンサであって、

前記複数個の受光部はそれぞれ入射する赤外線を吸収して熱エネルギーに変換する熱吸収部と、該熱吸収部によって吸収された熱エネルギーを電気信号に変換する熱電変換部とを有し、

前記熱吸収部の大きさはそれぞれ対応する前記集光素子による赤外線の集光スポットと実質的に同じ大きさに設定されると共に、

前記熱電変換部の大きさは対応する前記熱吸収部以下の大きさであることを特徴とする熱型赤外線イメージセンサ。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は熱型赤外線イメージセンサに関し、例えばリモートセンシングや天体観測等に利用される赤外線カメラ等の撮像素子に使用して好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】赤外線カメラは、常温付近の物体ならば照明することなしに観察できるため、従来よりリモートセンシング、警備、又は防衛等の諸分野で使用されている。また、赤外線カメラは赤外線の放射分布を画像として捉えることができるため、天体観測等の分野でもその重要性が増している。更に、熱画像としての情報も得られるため、医療分野や工場の製造工程におけるラインモニタ等でもその応用分野はますます拡大している。

【0003】赤外線カメラは、高感度化と共に低価格化も要求されており、近年、赤外線カメラ用の撮像素子として熱型赤外線イメージセンサの開発が進んでいる。熱型赤外線センサを各画素として用いた熱型赤外線イメージセンサは、従来の量子型赤外線センサを使用した撮像素子に比べて極低温の冷却機構を必要としないため、低価格化が可能である。そこで、その熱型赤外線イメージセンサを用いた安価で高感度の赤外線カメラが開発されつつある。

【0004】これらの熱型赤外線イメージセンサは、赤外線を受光してその熱エネルギーを電気信号に変換する受光部(熱型赤外線センサ)からなる画素、及びこの画素からの電気信号を外部に取り出すための信号転送回路を2次元的に多数配列して形成されている。更に、最近では感度を高めるために、それらの受光部上に赤外線を

30 集光するためのマイクロレンズをアレイ化したマイクロレンズアレイを設置して、各受光部に対して赤外線を集光することによって赤外線の集光効率を高める方法(例えば特開平7-147433号公報参照)が提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の熱型赤外線イメージセンサでは、上記のようにマイクロレンズアレイを備えることにより、集光による感度の向上が期待できる。しかしながら、従来の赤外線の受光部の形状は周囲の配線等が可能な限り大きく設定されており、その受光部の一部に赤外線が集光されるような状態になっていた。即ち、受光部の形状は特に考慮されていなかったために、受光部の熱容量が大きく、マイクロレンズアレイを使用していても、入射する赤外線の熱エネルギーに対する電気信号の変化量の比の値である感度を上げる効果が十分でないという不都合があった。

【0006】本発明は斯かる点に鑑み、マイクロレンズアレイを使用して、高い感度が得られる熱型赤外線イメージセンサを提供すること目的とする。

【課題を解決するための手段】本発明による熱型赤外線イメージセンサは、半導体基板（1）上に配列されそれぞれ赤外線を吸収して電気信号に変換する複数個の受光部（2）と、これら複数個の受光部のそれぞれに対応して配置され、入射する赤外線を対応する受光部上に集光する複数個の集光素子（3a）よりなるマイクロレンズアレイ（3）と、を備えた熱型赤外線イメージセンサにおいて、それら複数個の受光部（2）の中心はそれぞれ実質的に対応する集光素子（3a）の焦点上に配置され、且つそれら複数個の受光部（2）の大きさはそれぞれ対応する集光素子（3a）による赤外線の集光スポットと実質的に同じ大きさに設定されたものである。

【0008】斯かる本発明によれば、受光部（2）の大きさは対応する集光素子（3a）によって集光される赤外線の集光スポット程度の大きさまで小さくされている。従って、受光部（2）の熱容量を小さくできると共に、集光された赤外線はほぼ全部が吸収できるため、入射する赤外線のエネルギーに対する受光部（2）の温度上昇の割合が高くなつて感度が大幅に向上去る。

【0009】この場合、マイクロレンズアレイ（3）の複数個の集光素子（3a）をそれぞれ対応する受光部（2）に対して空間（9）を隔てて配置し、それら複数個の受光部（2）の幅を実質的に入射する赤外線の平均波長程度にすることが望ましい。このようにマイクロレンズアレイ（3）と受光部（2）とを隔てて配置することによって、受光部（3）から逃げる熱エネルギーが減少して感度が更に高まる。更に、回折理論より、マイクロレンズアレイ（3）の各集光素子（3a）の半径をa、焦点距離をf、入射する赤外線の平均波長をλとすると、各集光素子（3a）によって集光される赤外線の集光スポットの半径Rは、ほぼ次式で表される。

【0010】 $R = 0.61 \cdot f \cdot \lambda / a$  (1)  
また、通常の光学レンズにおける $0.61 \cdot f / a$ の値の最小値はほぼ0.5程度であるため、理論的にはその集光スポットの直径 $2 \cdot R$ の下限値はほぼ平均波長入程度である。従って、受光部（2）の幅を平均波長入程度にすることは、集光素子（3a）による集光スポットの大きさをほぼ理論的な限界まで小さくすることを意味し、これによって感度が大幅に高くなる。

【0011】更に、複数個の受光部（2）とマイクロレンズアレイ（3）との間の空間を真空中に保つことが望ましい。この場合の真空中とは、ほぼ $1 \times 10^{-3}$  torr以下程度であればよい。これによって、受光部（2）の断熱性が高まってそれらの受光部での感度が更に向上去る。また、複数個の受光部（2）はそれぞれ円形か、又は正n角形（nは4以上の整数）であることが望ましい。集光素子（3a）を用いた場合、赤外線の集光スポットの形状は円形になる。従って、受光部（2）を円形にすることによって、その受光部（2）の大きさを集光スポットの大きさにより近付けることができる。また、

製造方法等によっては受光部（2）の形状を円形よりも、正方形や正8角形等の正n角形にする方が都合のよいこともある。

【0012】また、複数個の受光部（2）をそれぞれ半導体基板（1）に対して複数個の脚部（4A, 4B）を介して浮くように支持し、それら複数個の脚部をそれぞれ熱伝導率が低く、且つ断面積が小さく長い材料（チタンTi等）より形成することが望ましい。それらの受光部を浮くように支持することで、それらの受光部から外部に逃げる熱エネルギーが減少する。また、脚部（4A, 4B）を介して外部に逃げる熱エネルギーも減少するため、受光部（2）での感度が更に向上去る。

【0013】また、複数個の受光部（2）は一例として、それぞれ入射する赤外線を吸収して熱エネルギーに変換する熱吸収部（12）と、この熱吸収部によって吸収された熱エネルギーを電気信号に変換する熱電変換部（11）とを有し、熱吸収部（12）の大きさはそれぞれ対応する集光素子（3a）による赤外線の集光スポットと実質的に同じ大きさに設定されると共に、熱電変換部（11）の大きさは対応する熱吸収部（12）以下の大きさとなるものである。これによって、熱電変換部（11）としては、赤外線を透過する材料をも使用できると共に、熱電変換部の大きさを赤外線の集光スポットよりも小さくできるため、更なる感度向上が期待できる。

【0014】また、マイクロレンズアレイ（3）の一例は、シリコン（Si）、ゲルマニウム（Ge）、及びサファイア（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）からなる赤外線透過材料群から選択される少なくとも1つの材料から構成されるものである。これにより、マイクロレンズアレイ（3）を通常のフォトリソグラフィ技術を用いて容易に製造できる。また、以上の材料はマイクロレンズアレイ（3）と対向する受光部（2）との間の空間を真空状態に保持できる強度と稠密度とを持っている。

## 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明による熱型赤外線イメージセンサの第1の実施の形態につき図1～図5及び図10を参照して説明する。図1（b）は、本例の熱型赤外線イメージセンサの一部の平面図を示し、この図1（b）に示すように、本例の熱型赤外線イメージセンサは、多数の円形のマイクロレンズ3aを縦横に一定ピッチで2次元的に配列してなるマイクロレンズアレイ3を、シリコン（Si）基板1上に固定して形成されている。図1（a）は、図1（b）のAA線に沿う拡大断面図の一部を示し、この図1（a）に示すように、マイクロレンズアレイ3はシリコン基板よりなる支持基板7に一体的に多数のマイクロレンズ3aを形成したものであり、且つ支持基板7の底面に深さhの凹部7aが形成されている。本例のマイクロレンズ3aは、赤外線5の入射方向に凸面を向けた半球面状の平凸レンズである。

【0016】また、シリコン基板1の表面には多数のマイクロレンズ3aのそれぞれに対応して、縦横に一定ピッチで赤外線を受光する多数の受光部2が配置されている。受光部2は、それぞれシリコン基板1の表面に形成された四部10の中央に左右から支持脚4A, 4Bを介して浮いた状態で支持され、それらの受光部2の間のシリコン基板1上に、対応する受光部の電気信号を転送する信号転送回路6が設けられている。即ち、それぞれマイクロレンズ3a及び受光部2よりなる多数の画素が2次元的に配列され、それらの画素からの電気信号が信号転送回路6を介して外部の信号処理系へ時系列的に出力されるように構成されている。

【0017】図2は、本例のマイクロレンズ3aによる集光スポットと受光部2との関係を更に詳しく説明するための斜視図であり、この図2に示すように、受光部2の表面である受光面13は一辺の幅Dの正方形であり、受光面13の中心にはほぼマイクロレンズ3aの焦点位置に配置されている。そして、ほぼ平行光束となって入射する赤外線5は、マイクロレンズ3aによって受光面13上の半径Rの円形の集光スポット14に集光されている。本例の受光部2の受光面13は、集光スポット14が全部収まる範囲で最も小さくなるように設定されている。即ち、本例の正方形の受光面13の1辺の幅Dは集光スポット14の直径 $2 \cdot R$ とほぼ等しくなるように設定されている。

【0018】この場合、マイクロレンズ3aの半径をa、マイクロレンズ3aの焦点距離をf、入射する赤外線の平均波長をλとすると、マイクロレンズ3aによって集光される赤外線の集光スポット14の直径 $2 \cdot R$ は、回折理論よりほぼ $1 \cdot 2 \cdot f \cdot \lambda / a$ である。また、光学レンズにおいては、 $1 \cdot 2 \cdot f / a$ の値の最小値は1程度であり、本例でもその値をほぼ1程度に設定する。この結果、集光スポット14の直径 $2 \cdot R$ 、ひいては受光面13の幅Dはほぼ平均波長λ程度となっている。本例で常温付近（即ち、300K程度）の物体を検出対象とすると、温度が300K程度の物体から放射される赤外線は $10 \mu\text{m}$ 付近の波長にエネルギーのピークがある。そこで、そのような物体からの赤外線の平均波長λはほぼ $10 \mu\text{m}$ となるため、受光部2の受光面13の幅Dはほぼ $10 \mu\text{m}$ である。

【0019】次に、図3は、受光部2及びこの支持構造を示す拡大断面図であり、この図3に示すように、受光部2は、赤外線を吸収する赤外線吸収層12、及びその赤外線吸収層12に接するように設けられた熱電変換素子11を有し、赤外線吸収層12と熱電変換素子11とで左右の支持脚4A, 4Bを挟み込む構造となっている。本例の熱電変換素子11はシリコン(Si)より形成され、赤外線吸収層12は所謂金黒と呼ばれている金(Au)の薄膜であり、支持脚4A, 4Bはチタン(Ti)より形成されている。また、熱電変換素子11及び

支持脚4A, 4Bと赤外線吸収層12との間に、窒化シリコン又は酸化シリコン等からなる絶縁膜(不図示)が形成されている。

【0020】この場合、入射する赤外線は赤外線吸収層12で熱エネルギーに変換され、この熱エネルギーで熱電変換素子11は加熱される。熱電変換素子11としてのシリコンは赤外線を透過させるが、本例では赤外線は赤外線吸収層12で吸収されるため、入射する赤外線が無駄なく熱エネルギーに変換される。そして、支持脚4A, 4Bを介して熱電変換素子11にバイアス電流を通電しておき、シリコンよりなる熱電変換素子11は温度によって電気抵抗値が変化することを利用して、熱電変換素子11に流れる電流値より熱電変換素子11の温度、ひいては受光部2に入射する赤外線量を検出する。即ち、各受光部2の熱電変換素子11を流れる電流値が信号転送回路6を介して外部の信号処理回路によって読み出され、各電流値より入射する赤外線のエネルギー分布が画像化される。

【0021】このとき、受光部2は、支持脚4A, 4Bによってシリコン基板1上の四部10上に浮くように支持され、受光部2から周囲の気体を介して逃げる熱エネルギー、及び放射によって失われる熱エネルギーは僅かであるため、受光部2から逃げる熱エネルギーは、主に支持脚4A, 4Bを介してシリコン基板1に伝達されるものだけとなる。これに対応して、本例の支持脚4A, 4Bは、熱伝導率の低い導体より形成され、且つ断面積が小さく長い形状であるため、支持脚4A, 4Bを介してシリコン基板1に伝導する熱エネルギーも僅かとなり、入射する赤外線の熱エネルギーは殆どが熱電変換素子11の温度上昇に使用される。

【0022】また、上述のように本例の熱型赤外線イメージセンサの受光部2の受光面は、対応するマイクロレンズ3aによって集光される赤外線の集光スポット程度の大きさに設定されている。このようにした場合の受光部2の感度について図10を参照して説明する。図10は、図1の熱型赤外線イメージセンサの1つの受光部2におけるエネルギーの吸収及び放出の説明図であり、この図10において、受光部2の受光面上で面積A( $\text{cm}^2$ )の照射領域に単位面積当たりのパワーが $P(\text{W}/\text{cm}^2)$ の赤外線が入射しているものとすると、所定の変換係数k( $0 < k < 1$ )を用いて、受光部2に入射する熱エネルギーのパワーQ(W)は $k \cdot A \cdot P$ で表される。また、その発生した熱エネルギーの一部は受光部2に接続された支持脚4A, 4Bを介して熱伝導により失われ、残りの一部は周囲の気体を介するか、又は熱放射により失われる。図10において、受光部2から支持脚4A, 4Bへの熱コンダクタンスを $G_1(\text{W}/\text{K})$ 、受光部2から周囲気体への熱コンダクタンスを $G_2(\text{W}/\text{K})$ 、受光部2からの放射による熱コンダクタンスを $G_3(\text{W}/\text{K})$ として、受光部2の熱容量をC( $\text{J}/\text{K}$ )、入射す

る赤外線Qが角周波数 $\omega$  (1/s) で変化しているとすると、受光部2の温度変化の熱時定数 $\tau_1$  (s) 及び受光部2の温度変化量 $\Delta T$  (K) は、例えば次の式により求められる (E.L.Dereniak and D.G.Grove : "Optical Radiation Detectors", pp.135-136(Wiley, 1984) 参照)。

$$【0023】 \tau_1 = C/G \quad (2)$$

$$\Delta T = 2 \cdot Q / \{ (G^2 + \omega^2 C^2)^{1/2} \} \quad (3)$$

但し、(3)式中のコンダクタンスGは次のように各熱コンダクタンスの和である。

$$G = G_1 + G_2 + G_3 \quad (4)$$

(3)式より分かるように、受光部2に単位時間当たりに入って来る熱エネルギーQと、受光部2から出していく熱エネルギーに対応する熱コンダクタンスG及び受光部2の熱容量Cとによって、受光部2の温度変化量 $\Delta T$ が変化する。この場合、熱容量Cは受光部2の体積に比例し、熱コンダクタンス $G_1$ は支持脚4A, 4Bの断面積に比例してその長さに反比例する。そして、熱コンダクタンス $G_2$ ,  $G_3$ は受光部2の表面積に比例する。従って、赤外線の照度分布が一様な照射面上では、受光部2と支持脚4A, 4Bとの形状や構造が相似になっているならば、受光部2の大きさには係わらず、同じ温度変化量 $\Delta T$ が得られることが分かる。即ち、その場合の温度変化量 $\Delta T$ は、赤外線の照射エネルギーの密度(照度)のみに依存する。

【0024】また、受光部2の感度(電気信号の変化量/入射する熱エネルギー)は、入射する赤外線によって発生する温度変化量 $\Delta T$ が大きければ大きい程高くなる。従って、初めの状態に対して相似の関係を保ったまま、入射する赤外線をレンズによって集光して受光部2を縮小できれば、(3)式中の入射する熱エネルギーのパワーQが同一で、且つ受光部2の熱容量Cが小さくなつて温度変化量 $\Delta T$ が大きくなるために感度が増加する。これらの関係から、対応するマイクロレンズ3aによる赤外線の集光スポットが受光部2上に全部含まれている状態で、受光部2を縮小すればする程感度が上がるという考えが導き出される。一方、既に説明したように回折理論より、赤外線の集光スポットの直径は平均波長入程度以下にはできない。従って、感度を高めるために、入射する赤外線のエネルギー損失が生じない状態で受光部2を縮小するものとすると、受光部2の最小の大きさはその集光スポットの最小の大きさである。

【0025】そこで、本例ではマイクロレンズ3aによる集光スポットの大きさを赤外線の平均波長入程度とし、受光部2の受光面13の幅Dを平均波長入程度としている。これによって、受光部2の感度はほぼ最大となり、高感度の熱型赤外線イメージセンサが得られる。なお、本例では受光面13を正方形に形成したが、後述のように受光面13の形状はこれに限定されない。

【0026】次に、本例のマイクロレンズアレイ3及び受光部2等の製造方法の一例につき簡単に説明する。本

例ではマイクロレンズアレイ3の支持基板7として赤外線を透過するシリコン基板を使用し、通常のフォトリソグラフィ工程及びエッチング工程を適用して2次元的に配列された多数のマイクロレンズを製造する。図4及び図5は、マイクロレンズアレイ3の製造工程を説明するための拡大断面図の一部をそれぞれ示し、先ず図4

(a)に示すように、製造対象のマイクロレンズの焦点距離にはほぼ等しい厚さ(約300μm)のウエハ状のシリコン基板21を用意し、シリコン基板21の上面(第1面)22の全面に点線で示すように、フォトレジスト25Aを約1.2μmの厚さで塗布し、所定のマスクを使用してシリコン基板21上にはほぼ正方形のレジスト層25が縦横に一定ピッチで2次元的に配列された状態で残されるように、露光及び現像を行う。また、シリコン基板21の下面(第2面)23には、その下面を保護するための例えば窒化膜(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜)等からなるエッティング保護膜24を形成しておく。

【0027】次に、レジスト層25をマスクとして、等方性のエッティング液でシリコン基板21をエッティングする。等方性のエッティング液としては、フッ化水素(HF)溶液及び硝酸(HNO<sub>3</sub>)の混合液が用いられる。レジスト層25とシリコン基板21との界面にこのエッティング液が滲み込むため、エッティング後のシリコン基板21の表面に図4(b)に示すように、半球面状の多数の凸部21aが形成される。フッ化水素(HF)溶液及び硝酸(HNO<sub>3</sub>)の組成比によって、エッティング液の滲み込む程度が異なるため、この組成比を調整してその凸部21aの形状を制御できる。

【0028】次に、シリコン基板21の第2面23のエッティング保護膜24を除去した後、図4(c)に示すように、その第2面23に点線で示すSiO<sub>2</sub>膜26Aを成膜する。そして、そのSiO<sub>2</sub>膜26A上にフォトレジストを塗布しフォトリソグラフィ工程によって、その第2面23の周辺部分のレジスト層28以外のレジストを除去する。そして、レジスト層28をマスクとして、SiO<sub>2</sub>膜26Aをフッ化水素(HF)を含むエッティング溶液でエッティングして、周辺のSiO<sub>2</sub>膜26のみを残す。その後、シリコン基板21の第1面22側にもSiO<sub>2</sub>膜27を成膜し、第2面23側のレジスト層28を剥離する。

【0029】次に、図5(a)に示すように、シリコン基板21の第2面23側で残されたSiO<sub>2</sub>膜26をマスクとして異方性エッティング液、例えばTMAH(テトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド)を用いて、シリコン基板21を所定の深さhまでエッティングして凹部21bを形成する。この深さhは、図1の受光部2の受光面とこれに対応するマイクロレンズ3aの下面との間隔となるもので、エッティング時間を制御することによりこの間隔を所望の値に正確に設定できる。その深さhはマイクロレンズ3aが受光部2に接触しないようにす

るため、少なくとも $10\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。次に、残った $\text{SiO}_2$ 膜26、27を剥離する。以上の工程により、図5(b)に示すように、シリコン基板21を支持基板7として、凸部21aがそれぞれマイクロレンズ3aとされ、底面に凹部7aが形成されたマイクロレンズアレイ3が製造できる。

【0030】次に、図3を参照して受光部2の製造方法の一例につき説明する。本例の熱電変換素子11の材料はシリコン基板1と同じシリコンであるため、先ず四部10の無いシリコン基板を用意し、このシリコン基板の上にチタンの薄膜よりなる支持脚4A、4Bを形成し、この支持脚4A、4Bの端部を含み、赤外線吸収層12となるべき領域の上に絶縁膜を形成し、この絶縁膜の上に金の薄膜よりなる赤外線吸収層12を成膜する。その後、赤外線吸収層12の周囲の部分のシリコン基板のエッチングを行って四部10を形成する。この際に、エッティング時間の制御等によって熱電変換素子11として残されるシリコンの厚さを制御することができ、これによって受光部2が製造できる。また、シリコン基板1上の信号転送回路6は通常の半導体素子の製造方法によって製造できる。

【0031】その後、以上的方法により形成されたマイクロレンズアレイ3を、図1に示すように、受光部2及び信号転送回路6が形成されたシリコン基板1上で位置合わせて圧着し、酸化雰囲気中で数 $100^\circ\text{C}$ に加熱することにより両者を張り合わせる。これによって、マイクロレンズアレイ3とシリコン基板1とが一体化された熱型赤外線イメージセンサが完成する。

【0032】なお、本例では図1に示すように、マイクロレンズ3aの凸部が外面に出ているが、凸部が内面(受光部2)側に出るようにしてもよく、更にはマイクロレンズ3aとして両凸レンズを使用してもよい。また、マイクロレンズとして、回折を利用したフレネルレンズを用いてもよい。このフレネルレンズを用いた変形例について図9を参照して説明する。なお、マイクロレンズ以外の構成は図1の実施の形態と同様であるため、図9において図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0033】図9(b)は、本変形例の熱型赤外線イメージセンサの一部の拡大平面図であり、この図9(b)に示すようにシリコン基板1上に、縦横にフレネルレンズ31aを一定ピッチで配列してなるマイクロレンズアレイ31が設置されている。図9(a)は図9(b)のBB線に沿う拡大断面図の一部を示し、この図9(a)に示すように、各フレネルレンズ31aは支持基板7の表面にそれぞれ輪帯状の溝を同心円状に複数形成することによって構成され、その複数の溝の間隔は中心に向かう程広くなっている。また、本変形例でも各フレネルレンズ31aに対向してそれぞれシリコン基板1上に支持脚4A、4Bを介して浮くように受光部2が配置され、

受光部2の中心はほぼ対応するフレネルレンズ31aの焦点に位置している。また、支持基板7の受光部2側には凹部7aが形成され、受光部2は空間9を介してフレネルレンズ31aに対向している。その他の構成は図1の実施の形態と同様である。

【0034】本変形例のフレネルレンズ31aも、図1のマイクロレンズ3aと同様にシリコン基板を使用した通常のフォトリソグラフィ技術により形成することができる。但し、フレネルレンズ31aの場合には、等方性エッティングが困難な材料でも容易に形成できる。なお、マイクロレンズアレイ3、31の材料としては、シリコン(Si)以外に、赤外線を透過できるゲルマニウム(Ge)又はサファイア等を使用してもよい。例えば、ゲルマニウムを用いた場合もシリコンと同様な工程でマイクロレンズアレイ3を製造できる。その場合、ゲルマニウムの異方性エッティング液としては、例えばフッ化水素(HF)溶液及び過酸化水素(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)の混合液を使用すればよい。また、ゲルマニウムの等方性エッティング液としては、例えばフッ化水素(HF)、硝酸(HNO<sub>3</sub>)、及び酢酸(CH<sub>3</sub>COOH)の混合液を使用することができる。

【0035】一方、マイクロレンズアレイ3、31の材料としてサファイアを使用する場合は、現状では適当なエッティング液が見当たらないため、例えば反応性イオンエッティングにより加工する。この際のサファイアの異方性ドライエッティングは、例えばフルオロホルム(CHF<sub>3</sub>)32cm<sup>3</sup>/minute、四フッ化炭素(CF<sub>4</sub>)16cm<sup>3</sup>/minute、及びヘリウム(He)98cm<sup>3</sup>/minuteの混合気体を圧力0.5torrとした条件で、且つオシナーイオノンパワーを200W(400kHz)とした条件で行うことができる。但し、サファイアの等方性エッティングは、現状では適当な条件のものがないので、図1に示す凸レンズ状のマイクロレンズ3aを形成する代わりに、異方性エッティングによって図9(a)に示す回折格子状のフレネルレンズ31aを形成すればよい。

【0036】なお、マイクロレンズアレイ3、31に反射防止膜を成膜してもよい。これによって入射する赤外線の利用効率を高めることができる。次に、本発明の第2の実施の形態について図6を参照して説明する。本例は受光部の形状を円形にしたものであり、他の構成は図1の実施の形態と同様であるため、図6において図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0037】図6は、本例の概略構成の一部を示す斜視図であり、この図6において、入射する赤外線5はマイクロレンズアレイ3の各々の円形のマイクロレンズ3aにより集光され、それぞれの焦点位置を中心として配置された円形の受光部2Aの受光面13Aに入射する。この場合、円形の受光部2Aは支持脚4A、4Bを介してシリコン基板1上の凹部に浮くように支持され、その受

11

光面13Aは、マイクロレンズ3aによる赤外線5の円形の集光スポットとほぼ同じ大きさで形成されている。また、受光部2Aは図1の受光部2と同様に赤外線吸収層及び熱電変換素子等から構成されており、受光面13Aに入射した赤外線の熱エネルギーは熱電変換素子により電気信号（抵抗変化）に変換され、その電気信号は、支持脚4A、4B及び信号転送回路6を介して読み取られる。

【0038】この際に本例では、受光部2Aの受光面13Aは、赤外線の集光スポットとほぼ同じ大きさの円形にされている。従って、図1の実施の形態と比べて、受光部2Aの熱容量Cはより小さくなり、且つ受光部2Aに入射する赤外線量はほぼ同じであるため、(3)式より受光部2Aの温度変化量 $\Delta T$ が大きくなっている感度が向上する。また、(2)式より熱時定数 $\tau_1$ が小さくなるため、応答速度が大きくなる。具体的に、集光スポットの半径をRとして、図1(図2)のように1辺が2Rの正方形の受光部2と、図6のように半径Rの円形の受光部2Aとを比較すると、円形の受光部2Aの方が熱容量Cが約22%小さくなる。従って、受光部の温度変化量 $\Delta T$ は、円形の受光部2Aの方が正方形の受光部2に比\*

12

\*べて約24%大きくなる。また、熱時定数 $\tau_1$ は円形の受光部2Aの方が約22%小さくなる。このように、受光部を円形にすることにより応答速度を速くして、且つ感度を高くすることができる。

【0039】なお、例えば製造工程上で円形の受光部2Aを形成するのが煩雑であるような場合には、円形の受光部2Aの代わりに円形の集光スポットに外接する正n角形(nは4以上の整数)を輪郭とする受光部を形成してもよい。図7(a)は、円形の集光スポット14に外接する輪郭を有する正n角形の受光部2Bを示し、この図7(a)において、集光スポット14を半径Rとするとき、正n角形の受光部2Bの面積Sは次のようになる。

【0040】

$$S = n \cdot R^2 \cdot \tan(180^\circ / n) \quad (5)$$

図2に示すように、正方形の受光部2は整数nが4の場合であり、正方形の受光部2の面積Sは $4 \cdot R^2$ となる。そして、整数nの値を次第に大きくした場合の正n角形の面積S、及び正方形の面積に対する正n角形の面積の比の値CSを計算した結果を表1に示す。

20 【0041】

【表1】

整数n	正n角形の面積S	正方形の面積との比の値CS
4	$4 \cdot R^2$	1
6	$3.46 \cdot R^2$	0.866
16	$3.18 \cdot R^2$	0.796
36	$3.15 \cdot R^2$	0.787
360	$3.14 \cdot R^2$	0.785

【0042】表1に示すように、正n角形の場合、整数nが大きいほど面積Sが減少する。即ち、整数nが大きくなる程、受光部2Bの形状は集光スポット14を含む範囲で小さくなっている感度が次第に減少する。従って、受光部の温度変化量 $\Delta T$ が大きくなっている感度が高くなり、且つ応答速度も向上する。なお、正n角形の受光部2Bを使用する場合、感度面からは整数nは大きい程よいが、製造の容易さという観点からは図1(図2)の正方形の受光部2が有利であることもある。更に、シリコン基板1に対する配線を考慮した場合には、図7(b)に示すように、正8角形の受光部2Cが都合のよいこともある。即ち、正8角形の受光部2Cに対しては、リード線としての支持脚を支持脚4A、4Bで示すように横方向に渡すことができ、必要に応じて支持脚4C、4Dで示すように縦方向に渡しても電気的な特性は同じであるため、設計の自由度が増す利点がある。

【0043】次に、本発明の第3の実施の形態について図8を参照して説明する。本例は、図1の熱型赤外線イメージセンサのシリコン基板1とマイクロレンズアレイ3を示す。この図8において、マイクロレンズアレイ3を構成する支持基板7の底面側の四部7aを囲む枠状の領域を接着面44として、接着面44に対応するシリコン基板1の表面の枠状の領域を接着面45とする。そして、接着面44、45にそれぞれ薄い酸化膜を形成しておき、真空炉内にシリコン基板1及びマイクロレンズアレイ3を入れて、接着面44、45を密着させた状態で数100°Cに加熱してマイクロレンズアレイ3とシリコン基板1とを張り付ける。この場合、接着面44、45に薄い酸化膜が形成されているため、真空雰囲気でも酸化雰囲気中と同様に強固な張り付けができる。これによって、マイクロレンズアレイ3の支持基板7の四部7a(図1の空間9)は真空状態に維持される。その真空の程度は気体による熱伝導を有効に防止するために、 $1 \times 10^{-3} \text{ torr}$ 以下が望ましい。

40

【0045】本例によれば、シリコン基板1上の各受光部(図1の受光部2)の周辺の空間は真空に保たれるため、(4)式のコンダクタンスG中の受光部から周辺気体への熱コンダクタンスG<sub>2</sub>が小さくなる。従って、コンダクタンスGが全体として小さくなるために(3)式の受光部の温度変化量△Tは更に大きくなり、感度が更に向上去る。

【0046】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

#### 【0047】

【発明の効果】本発明の熱型赤外線イメージセンサによれば、マイクロレンズアレイの個々の集光素子による赤外線の集光スポットと、対応する受光部の大きさとが実質的に同じ大きさであるため、受光部の大きさは入射する赤外線を漏れなく受光できる範囲ではほぼ最小にされている。従って、受光部の熱容量が小さくなり受光部での温度変化量が大きくなるため、受光部の感度が大幅に向上去る利点がある。

【0048】また、マイクロレンズアレイは各受光部に対して保護蓋の効果を發揮し、本発明の熱型赤外線イメージセンサの例えば組立工程におけるダイシング等の処理も特別な注意を払わずに実行できる。従って、その熱型赤外線イメージセンサの製造が容易になると共に歩留まりも向上し、製造コストが低下するという利点もある。

【0049】また、マイクロレンズアレイの複数個の集光素子はそれぞれ対応する受光部に対して空間を隔てて配置され、それら複数個の受光部の幅は実質的に入射する赤外線の平均波長程度である場合には、その受光部はほぼ断熱構造で支持されることによって逃げる熱エネルギーが減少するために感度がより向上する。このとき、各集光素子による赤外線の集光スポットの最小径は平均波長程度であるため、その赤外線の集光スポットを理論的な限界まで絞って、対応する受光部の幅を平均波長程度にすることによって、受光部の感度を高めることができる。

【0050】また、それら複数個の受光部とそのマイクロレンズアレイとの間の空間が真空に保たれている場合には、それらの受光部の断熱性が高まって感度が更に向上去る。また、それら複数個の受光部がそれぞれ円形である場合には、赤外線を円形の集光スポットに絞った際に、受光部の形状をその集光スポットの形状に最も近付けることができるため、受光部の感度が最も高くなる。また、それら複数個の受光部が正n角形(nは4以上の整数)である場合には、受光部が円形の場合に近い感度が得られる。更に、正n角形の受光部は製造が容易である場合がある。

【0051】また、それら複数個の受光部はそれぞれ半導体基板に対して複数個の脚部を介して浮くように支持

10

20

30

40

50

され、それら複数個の脚部はそれぞれ熱伝導率が低く、且つ断面積が小さく長い材料より形成されている場合には、それらの受光部から半導体基板へ逃げる熱エネルギーが減少して断熱性が高まるため、受光部での感度が更に向上去る。このように、その受光部が更に脚部を介して浮遊体として空間中に支持される場合には、その受光部が小さい程その脚部の強度は低くてもよいため、支持構造の製造プロセスが簡単になるという利点もある。更に、機械的に弱い浮遊体部分の割合を小さくすることができるので、その熱型赤外線イメージセンサ全体の信頼性が増すという効果もある。

【0052】また、それら複数個の受光部はそれぞれ入射する赤外線を吸収して熱エネルギーに変換する熱吸収部と、この熱吸収部によって吸収された熱エネルギーを電気信号に変換する熱電変換部とを有し、その熱吸収部の大きさはそれぞれ対応する集光素子による赤外線の集光スポットと実質的に同じ大きさに設定されると共に、その熱電変換部の大きさは対応するその熱吸収部以下の大きさであるときには、その熱電変換部として赤外線を透過する材料も使用できるため、感度の高い材料を使用できる利点がある。更に、その熱電変換部を小さくすることによって感度をより高めることも可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明による熱型赤外線イメージセンサの第1の実施の形態を示す一部を切り欠いた拡大断面図、(b)はその熱型赤外線イメージセンサを示す平面図である。

【図2】図1(a)のマイクロレンズ3aの集光スポットと対応する受光部2との関係を示す斜視図である。

【図3】図2の受光部2の支持構造を示す拡大断面図である。

【図4】第1の実施の形態のマイクロレンズアレイの製造工程の説明図である。

【図5】図4に続く第1の実施の形態のマイクロレンズアレイの製造工程の説明図である。

【図6】本発明の第2の実施の形態の熱型赤外線イメージセンサの一部を示す拡大斜視図である。

【図7】(a)は図6の受光部の変形例を示す拡大平面図、(b)はその変形例の特別な場合を示す拡大平面図である。

【図8】本発明の第3の実施の形態の製造工程の説明に供する斜視図である。

【図9】(a)は第1の実施の形態の変形例を示す一部を切り欠いた拡大断面図、(b)はその変形例の一部を示す拡大平面図である。

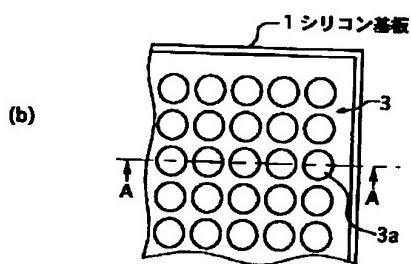
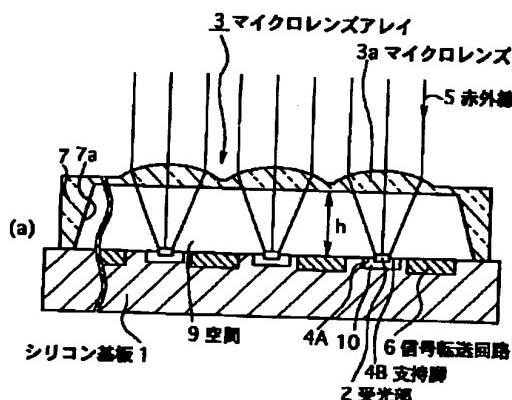
【図10】第1の実施の形態の熱型赤外線イメージセンサの受光部に入射する熱エネルギー、及びその受光部から放出される熱エネルギーを示す図である。

#### 【符号の説明】

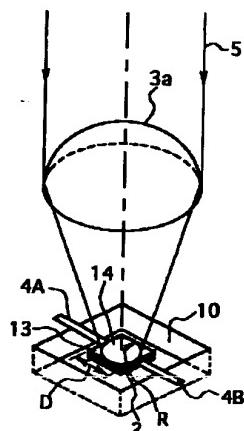
- 15  
 2, 2A, 2B, 2C 受光部  
 3, 31 マイクロレンズアレイ  
 3a マイクロレンズ  
 4A, 4B 支持脚  
 6 信号転送回路  
 7 支持基板

- 9 空間  
 10 四部  
 11 赤外線吸収層  
 12 热電変換素子  
 14 集光スポット  
 31a フレネルレンズ

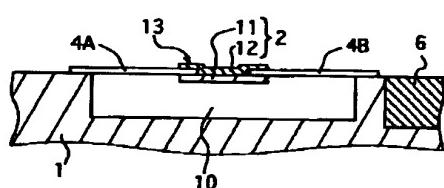
【図1】



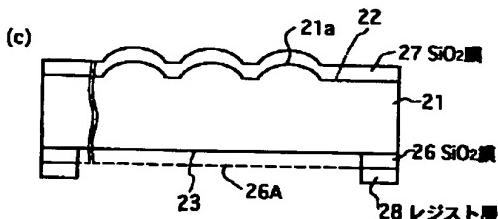
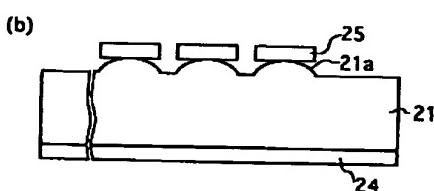
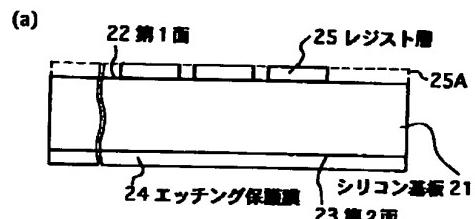
【図2】



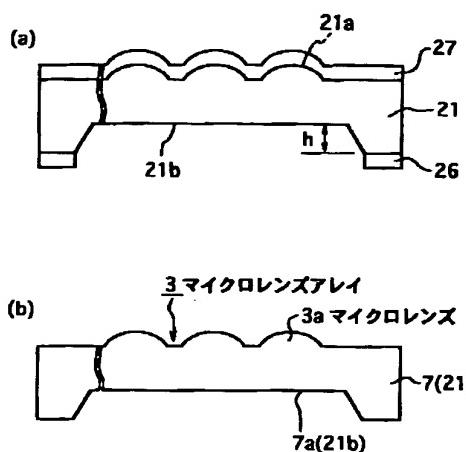
【図3】



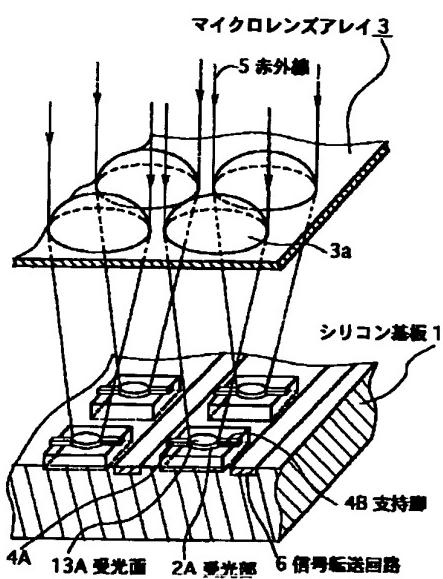
【図4】



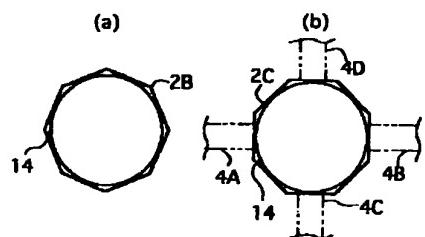
【図5】



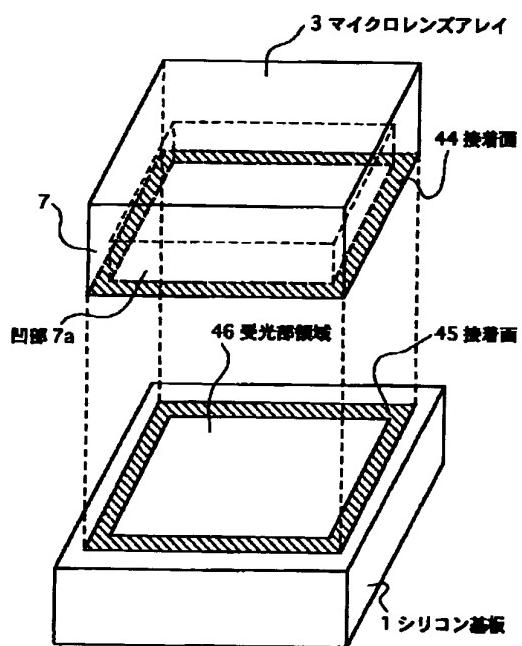
【図6】



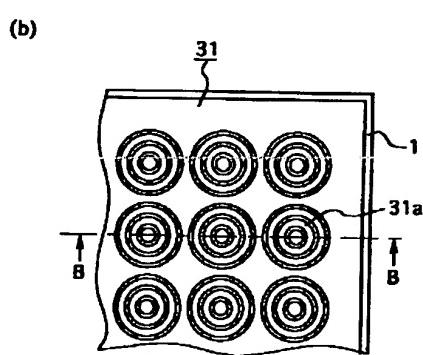
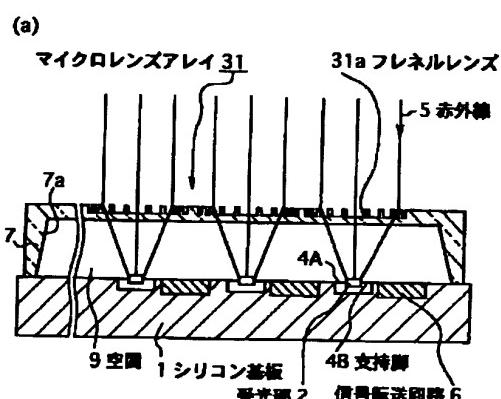
【図7】



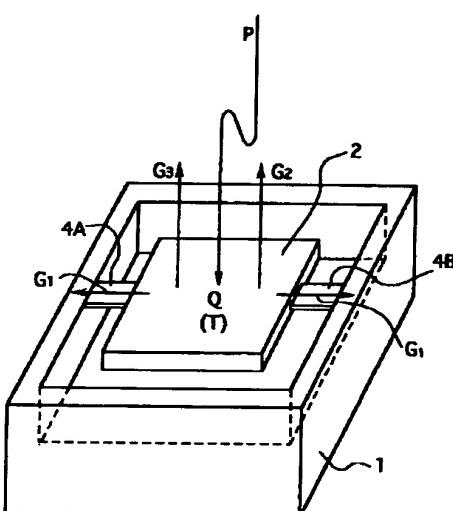
【図8】



【図9】



【図10】



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is used for image pck-up elements, such as an infrared camera used for remote sensing, an astronomic observation, etc., concerning thermal-type infrared image sensors, and is suitable.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since an infrared camera can be observed without illuminating if it is a body near ordinary temperature, it is conventionally used in many fields, such as remote sensing, defense, or defense. Moreover, since an infrared camera can regard the radiation distribution of infrared radiation as a picture, it is also gaining fields, such as an astronomic observation, in the importance. Furthermore, since the information as a thermal imagery is also acquired, the applicable field has also expanded increasingly the line monitor in the manufacturing process of a medical field or works.

[0003] As for the infrared camera, low-pricing is also demanded with high sensitivity-ization, and development of thermal-type infrared image sensors is progressing as an image pck-up element for infrared cameras in recent years. Since thermal-type infrared image sensors using the thermal-type infrared sensor as each pixel do not need a very low temperature cooler style compared with the image pck-up element which used the conventional quantum type infrared sensor, the price of them can fall. Then, using the thermal-type infrared image sensors, it is cheap and the infrared camera of high sensitivity is being developed.

[0004] These thermal-type infrared image sensors arrange many signal transfer circuits for taking out outside the pixel which consists of the light-receiving section (thermal-type infrared sensor) which receives infrared radiation and transforms the heat energy into an electrical signal, and the electrical signal from this pixel two-dimensional, and are formed. Furthermore, recently, in order to raise sensitivity, the micro-lens array which array-ized the micro lens for condensing infrared radiation is installed on those light-receiving sections, and the method (for example, refer to JP,7-147433,A) of raising the condensing efficiency of infrared radiation is proposed by condensing infrared radiation to each light-receiving section.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the conventional thermal-type infrared image sensors, improvement in the sensitivity by condensing is expectable by having a micro-lens array as mentioned above. However, surrounding wiring etc. is set up as greatly as possible and the configuration of the light-receiving section of the conventional infrared radiation had changed into the state where infrared radiation is condensed by a part of the light-receiving section. That is, especially the configuration of the light-receiving section having un-arranged [ that the effect which raises the sensitivity which is the value of the ratio of the variation of an electrical signal to the heat energy of the infrared radiation which carries out incidence is not enough even if the heat capacity of the light-receiving section is large and is using the micro-lens array, since it was not taken into consideration ].

[0006] this invention uses a micro-lens array in view of this point, and it aims at offering the thermal-

type infrared image sensors from which high sensitivity is obtained.

[0007]

[Means for Solving the Problem] Two or more light-receiving sections which the thermal-type infrared image sensors by this invention are arranged on a semiconductor substrate (1), absorb infrared radiation, respectively, and are changed into an electrical signal (2). In the thermal-type infrared image sensors which have been arranged corresponding to each of the light-receiving section of these plurality, and were equipped with the micro-lens array (3) which consists of two or more condensing elements (3a) which condense the infrared radiation which carries out incidence on the corresponding light-receiving section. The center of the light-receiving section (2) of these plurality is arranged on the focus of the condensing element (3a) which corresponds substantially, respectively, and the size of the light-receiving section (2) of these plurality is substantially set as the same size with the condensing spot of the infrared radiation by the condensing corresponding element (3a), respectively.

[0008] According to this this invention, the size of the light-receiving section (2) is made small to the size about [ of the infrared radiation condensed by the condensing corresponding element (3a) ] a condensing spot. Therefore, while being able to make small the heat capacity of the light-receiving section (2), since the condensed infrared radiation can absorb all mostly, the rate of the temperature rise of the light-receiving section (2) to the energy of the infrared radiation which carries out incidence becomes high, and its sensitivity improves sharply.

[0009] In this case, it is desirable to make it the average wavelength grade of the infrared radiation which separates and arranges space (9) to the light-receiving section (2) which corresponds two or more condensing elements (3a) of a micro-lens array (3), respectively, and carries out incidence of the width of face of the light-receiving section (2) of these plurality substantially. Thus, by separating and arranging a micro-lens array (3) and the light-receiving section (2), the heat energy which escapes from the light-receiving section (3) decreases, and sensitivity increases further. Furthermore, from diffraction theory, when the radius of each condensing element (3a) of a micro-lens array (3) is set to a and f and average wavelength of the infrared radiation which carries out incidence are set to lambda for a focal distance, the radius R of the condensing spot of the infrared radiation condensed by each condensing element (3a) is mostly expressed with the following formula.

[0010]  $R^{**}0.61 \text{ and } f\lambda/a$  (1)

Moreover, since the minimum value of the value of  $0.61.f/a$  in the usual optical lens is about about 0.5, the lower limit of diameter 2 and R of the condensing spot is an average wavelength lambda grade mostly theoretically. Therefore, it means that making width of face of the light-receiving section (2) into an average wavelength lambda grade makes small the size of the condensing spot by the condensing element (3a) to an almost theoretical limitation, and sensitivity becomes high sharply by this.

[0011] Furthermore, it is desirable to maintain the space between two or more light-receiving sections (2) and a micro-lens array (3) at a vacuum. The vacuum in this case should just be about about  $1\times 10^{-3}$  torrs. By this, the adiathermancy of the light-receiving section (2) increases and the sensitivity in those light-receiving sections improves further. Moreover, two or more light-receiving sections (2) are circular respectively, or it is desirable that they are right n square shapes (n is four or more integers). When a condensing element (3a) is used, the configuration of the condensing spot of infrared radiation becomes a round shape. Therefore, the size of the light-receiving section (2) can be close brought with the size of a condensing spot by making the light-receiving section (2) circular. Moreover, that it is also convenient has the direction where a circular twist also makes the configuration of the light-receiving section (2) right, such as square and right 8 square shapes, n square shapes by the manufacture method etc.

[0012] Moreover, it is desirable to support two or more light-receiving sections (2) so that it may float through two or more legs (4A, 4B) to a semiconductor substrate (1), respectively, and to form the leg of these plurality from material (titanium Ti etc.) with the cross section for it to be low and small and respectively long thermal conductivity. By supporting so that those light-receiving sections may be floated, the heat energy which escapes to those light-receiving section shell exteriors decreases. Moreover, in order that the heat energy which escapes outside through the leg (4A, 4B) may also

decrease, the sensitivity in the light-receiving section (2) improves further.

[0013] Moreover, the heat-absorptive section which two or more light-receiving sections (2) absorb as an example the infrared radiation which carries out incidence, respectively, and is changed into heat energy (12), It has the thermoelectrical transducer (11) which transforms into an electrical signal the heat energy absorbed by this heat-absorptive section. While the size of the heat-absorptive section (12) is substantially set as the same size with the condensing spot of the infrared radiation by the condensing corresponding element (3a), respectively, the size of a thermoelectrical transducer (11) turns into a size below the corresponding heat-absorptive section (12). Since the size of a thermoelectrical transducer can be made smaller than the condensing spot of infrared radiation while also being able to use the material which penetrates infrared radiation as a thermoelectrical transducer (11) by this, the further improvement in sensitivity is expectable.

[0014] Moreover, an example of a micro-lens array (3) consists of silicon (Si), germanium (germanium), and at least one material chosen from the infrared transparency material group which consists of sapphire (aluminum 2O3). Thereby, a micro-lens array (3) can be easily manufactured using the usual photolithography technology. Moreover, the above material has the intensity and the degree of dense population which can hold the space between a micro-lens array (3) and the light-receiving section (2) which counters to a vacua.

[0015]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, with reference to drawing 1 - drawing 5 , and drawing 10 , it explains per gestalt of operation of the 1st of the thermal-type infrared image sensors by this invention. As drawing 1 (b) shows some plans of the thermal-type infrared image sensors of this example and shows them to this drawing 1 (b), the thermal-type infrared image sensors of this example fix the micro-lens array 3 which arranges much circular micro-lens 3a two-dimensional at constant pitch in all directions, and becomes on the silicon (Si) substrate 1, and are formed. As drawing 1 (a) shows a part of expanded sectional view which meets AA line of drawing 1 (b) and shows it to this drawing 1 (a), the micro-lens array 3 forms much micro-lens 3a in the support substrate 7 which consists of a silicon substrate in one, and crevice 7a of depth h is formed in the base of the support substrate 7. Micro-lens 3a of this example is the plano-convex lens of the shape of a semi-sphere side which turned the convex in the direction of incidence of infrared radiation 5.

[0016] Moreover, in the front face of a silicon substrate 1, the light-receiving section 2 of a large number which receive infrared radiation at constant pitch in all directions is arranged corresponding to each of much micro-lens 3a. The light-receiving section 2 is supported in the state where it floated in the center of the crevice 10 formed in the front face of a silicon substrate 1, respectively through support saddles 4A and 4B from right and left, and the signal transfer circuit 6 which transmits the electrical signal of the light-receiving section corresponding to the silicon-substrate 1 top between those light-receiving sections 2 is formed. That is, many pixels which consist of micro-lens 3a and the light-receiving section 2, respectively are arranged two-dimensional, and it is constituted so that the electrical signal from those pixels may be serially outputted to an external signal-processing system through the signal transfer circuit 6.

[0017] Drawing 2 is a perspective diagram for explaining the relation of the condensing spot and the light-receiving section 2 by micro-lens 3a of this example in more detail, as shown in this drawing 2 , the light-receiving side 13 which is a front face of the light-receiving section 2 is the square of width of face D of one side, and the center of the light-receiving side 13 is arranged mostly in the focal position of micro-lens 3a. And it becomes the parallel flux of light mostly, and the infrared radiation 5 which carries out incidence is condensed by the condensing circular spot 14 of the radius R on the light-receiving side 13 by micro-lens 3a. The light-receiving side 13 of the light-receiving section 2 of this example is set up so that the condensing spot 14 may become the smallest in the all settled range. That is, width of face D of one side of the light-receiving side 13 of the square of this example is set up so that it may become almost equal to diameter 2 and R of the condensing spot 14.

[0018] In this case, when f and average wavelength of the infrared radiation which carries out incidence are set [ the radius of micro-lens 3a ] to lambda for the focal distance of a and micro-lens 3a, diameter 2

and R of the condensing spot 14 of the infrared radiation condensed by micro-lens 3a are 1.2 and f-lambda/a more nearly mostly than diffraction theory. Moreover, in an optical lens, the minimum value of the value of 1.2.f/a is about one, and sets the value about to about one also by this example. Consequently, the width of face D of diameter 2 and R of the condensing spot 14, as a result the light-receiving side 13 serves as an average wavelength lambda grade mostly. When the body near ordinary temperature (about [ namely, ] 300K) is made applicable to detection by this example, the infrared radiation emitted from the body whose temperature is about 300K has the peak of energy in the wavelength near 10 micrometer. Then, since the average wavelength lambda of the infrared radiation from such a body is set to about 10 micrometers, the width of face D of the light-receiving side 13 of the light-receiving section 2 is about 10 micrometers.

[0019] Next, drawing 3 is the expanded sectional view showing the light-receiving section 2 and this supporting structure, and as shown in this drawing 3, the light-receiving section 2 has the infrared-absorption layer 12 which absorbs infrared radiation, and the thermoelectric element 11 prepared so that the infrared-absorption layer 12 might be touched, and has structure which puts the support saddles 4A and 4B on either side by the infrared-absorption layer 12 and the thermoelectric element 11. The thermoelectric element 11 of this example is formed from silicon (Si), the infrared-absorption layer 12 is the thin film of the gold (Au) currently called so-called \*\*\*\*\*, and support saddles 4A and 4B are formed from titanium (Ti). Moreover, the insulator layer (un-illustrating) which consists of a silicon nitride or a silicon oxide is formed between a thermoelectric element 11 and support saddles 4A and 4B, and the infrared-absorption layer 12.

[0020] In this case, the infrared radiation which carries out incidence is changed into heat energy in the infrared-absorption layer 12, and a thermoelectric element 11 is heated with this heat energy. Although the silicon as a thermoelectric element 11 makes infrared radiation penetrate, since infrared radiation is absorbed in the infrared-absorption layer 12, by this example, the infrared radiation which carries out incidence is changed into heat energy without futility. And the bias current is energized to the thermoelectric element 11 through support saddles 4A and 4B, and the thermoelectric element 11 which consists of silicon detects the infrared dosage which carries out incidence to the temperature, as a result the light-receiving section 2 of a thermoelectric element 11 from the current value which flows to a thermoelectric element 11 with temperature using an electric resistance value changing. That is, the current value which flows the thermoelectric element 11 of each light-receiving section 2 is read by the external digital disposal circuit through the signal transfer circuit 6, and the energy distribution of the infrared radiation which carries out incidence from each current value is imaged.

[0021] Since the heat energy which is supported so that it may float on the crevice 10 on a silicon substrate 1 by support saddles 4A and 4B, and escapes from the light-receiving section 2 through a surrounding gas, and the heat energy of the light-receiving section 2 lost by radiation are slight at this time, the heat energy which escapes from the light-receiving section 2 is mainly transmitted to a silicon substrate 1 through support saddles 4A and 4B. Corresponding to this, the support saddles 4A and 4B of this example are formed from a conductor with low thermal conductivity, and it becomes slight [ the heat energy conducted to a silicon substrate 1 through support saddles 4A and 4B ], since the cross section is a small long configuration, and, as for the heat energy of the infrared radiation which carries out incidence, most is used for the temperature rise of a thermoelectric element 11.

[0022] Moreover, the light-receiving side of the light-receiving section 2 of the thermal-type infrared image sensors of this example is set as the size about [ of the infrared radiation condensed by corresponding micro-lens 3a ] a condensing spot as mentioned above. The sensitivity of the light-receiving section 2 at the time of doing in this way is explained with reference to drawing 10. Drawing 10 is absorption of the energy in the one light-receiving section 2 of the thermal-type infrared image sensors of drawing 1, and explanatory drawing of discharge, and is set to this drawing 10. Power [ of the heat energy in which the infrared radiation of P (W/cm<sup>2</sup>) will carry out incidence to the light-receiving section 2 using the predetermined transform coefficient k (0 < k < 1) to it on the light-receiving side of the light-receiving section 2 if the power per unit area shall carry out incidence to the irradiation field of area A (cm<sup>2</sup>) ] Q (W) is expressed with k·A·P. Moreover, a part of the generated heat energy is

lost by heat conduction through the support saddles 4A and 4B connected to the light-receiving section 2, and the remaining parts are lost by thermal radiation through a surrounding gas. In drawing 10 the thermal conductance from the light-receiving section 2 to support saddles 4A and 4B G1 (W/K), The thermal conductance according the thermal conductance from the light-receiving section 2 to a circumference gas to the radiation from G2 (W/K) and the light-receiving section 2 is made into G3 (W/K). Supposing C (J/K) and the infrared radiation Q which carries out incidence are changing with angular frequency omega (1/s), the heat capacity of the light-receiving section 2 Amount of temperature changes delta<sub>T</sub> of the thermal-time-constant tauT (s) and the light-receiving section 2 of the temperature change of the light-receiving section 2 ] T (K) For example, it asks by the following formula (E. L.Dereniak and D.G.Growe:"Optical Radiation Detectors", pp.135 -136 (Wiley, 1984) reference).

[0023]  $\tau_T = C/G$  (2)

$$\Delta T = 2Q / \{(G_2 + \omega C_2)\}^{1/2}$$
 (3)

However, the conductance G in (3) formulas is the sum of each thermal conductance as follows.

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$
 (4)

(3) As shown in a formula, amount of temperature changes deltaT of the light-receiving section 2 changes with the heat capacities C of heat energy Q which goes into the light-receiving section 2 per unit time, thermal-conductance G corresponding to the heat energy left from the light-receiving section 2, and the light-receiving section 2. In this case, heat capacity C is proportional to the volume of the light-receiving section 2, and is a thermal conductance G1. In proportion to the cross section of support saddles 4A and 4B, it is in inverse proportion to the length. And a thermal conductance G2 and G3 It is proportional to the surface area of the light-receiving section 2. Therefore, on the irradiation side where the illumination distribution of infrared radiation is uniform, if the configuration and structure of the light-receiving section 2 and support saddles 4A and 4B are similar, it turns out that it is not involved in the size of the light-receiving section 2, but the same amount of temperature changes deltaT is obtained. That is, amount of temperature changes deltaT in that case is dependent only on the density (illuminance) of the irradiation energy of infrared radiation.

[0024] Moreover, the sensitivity (variation / heat energy which carries out incidence of an electrical signal) of the light-receiving section 2 becomes higher, as amount of temperature changes deltaT generated by the infrared radiation which carries out incidence is large. Therefore, if the infrared radiation which carries out incidence is condensed with a lens, maintaining a similar relation to the first state and the light-receiving section 2 can be reduced, the power Q of the heat energy in (3) formulas which carries out incidence is the same, and since the heat capacity C of the light-receiving section 2 becomes small and amount of temperature changes deltaT becomes large, sensitivity will increase. The more the condensing spot of the infrared radiation by corresponding micro-lens 3a reduces the light-receiving section 2 in the state where all are contained on the light-receiving section 2, the more the idea that sensitivity goes up is drawn from these relations. On the other hand, as already explained from diffraction theory, the diameter of the condensing spot of infrared radiation is not made to below an average wavelength lambda grade. Therefore, in order to raise sensitivity, when the light-receiving section 2 shall be reduced in the state where the energy loss of the infrared radiation which carries out incidence does not arise, the minimum size of the light-receiving section 2 is the minimum size of the condensing spot.

[0025] Then, in this example, the size of the condensing spot by micro-lens 3a is made into the average wavelength lambda grade of infrared radiation, and width of face D of the light-receiving side 13 of the light-receiving section 2 is made into the average wavelength lambda grade. The sensitivity of the light-receiving section 2 serves as the maximum mostly, and the thermal-type infrared image sensors of high sensitivity are obtained by this. In addition, although the light-receiving side 13 was formed in the square in this example, the configuration of the light-receiving side 13 is not limited to this like the after-mentioned.

[0026] Next, it explains briefly per example of the micro-lens array 3 of this example, and the manufacture method of light-receiving section 2 grade. In this example, the silicon substrate which penetrates infrared radiation as a support substrate 7 of the micro-lens array 3 is used, and the micro lens

of a large number arranged two-dimensional with the application of a usual photolithography process and a usual etching process is manufactured. As drawing 4 and drawing 5 show a part of expanded sectional view for explaining the manufacturing process of the micro-lens array 3, respectively and show it first to drawing 4 (a) As the silicon substrate 21 of the shape of a wafer of thickness (about 300 micrometers) almost equal to the focal distance of the micro lens for manufacture is prepared and a dotted line shows all over the upper surface (the 1st page) 22 of a silicon substrate 21 Photoresist 25A is applied by the thickness of about 1.2 micrometers, and exposure and development are performed so that it may be left behind, where the square resist layer 25 is mostly arranged two-dimensional at constant pitch in all directions on a silicon substrate 21 using a predetermined mask. Moreover, the etching protective coat 24 which consists of a nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> film) etc. in order to protect the inferior surface of tongue is formed in the inferior surface of tongue (the 2nd page) 23 of a silicon substrate 21.

[0027] Next, a silicon substrate 21 is \*\*\*\*\*ed by the isotropic etching reagent by using the resist layer 25 as a mask. As an isotropic etching reagent, a hydrogen fluoride (HF) solution and the mixed liquor of a nitric acid (HNO<sub>3</sub>) are used. Since this etching reagent sinks into the interface of the resist layer 25 and a silicon substrate 21, as shown in the front face of the silicon substrate 21 after etching at drawing 4 (b), much semi-sphere side-like heights 21a is formed. Since the grades into which an etching reagent sinks differ, this composition ratio is adjusted and the configuration of the heights 21a can be controlled by the composition ratio of a hydrogen fluoride (HF) solution and a nitric acid (HNO<sub>3</sub>).

[0028] Next, after [ a silicon substrate 21 ] removing the 2nd page of the etching protective coat 24 of 23, as it is shown in drawing 4 (c), it is the SiO<sub>2</sub> shown in 23 by the dotted line the 2nd page. Film 26A is formed. and the SiO<sub>2</sub> a film 26A top -- a photoresist -- applying -- a photolithography process -- the -- the 2nd page of resists other than resist layer 28 for the periphery of 23 is removed And it is SiO<sub>2</sub>, using the resist layer 28 as a mask. Film 26A is \*\*\*\*\*ed with the etching solution containing hydrogen fluoride (HF), and it is SiO<sub>2</sub> of the circumference. It leaves only a film 26. Then, it is SiO<sub>2</sub> also to the 1st page 22 side of a silicon substrate 21. A film 27 is formed and the resist layer 28 by the side of 2nd page 23 is exfoliated.

[0029] Next, SiO<sub>2</sub> left behind by the 2nd page 23 side of a silicon substrate 21 as shown in drawing 5 (a) By using a film 26 as a mask, using anisotropic etching liquid (tetramethylammonium hydroxide), for example, TMAH, a silicon substrate 21 is \*\*\*\*\*ed to predetermined depth h, and crevice 21b is formed. This depth h becomes the interval of the light-receiving side of the light-receiving section 2 of drawing 1 , and the inferior surface of tongue of micro-lens 3a which counters this, and can be correctly set as the value of a request of this interval by controlling etching time. In order to make it micro-lens 3a not contact the light-receiving section 2, as for the depth h, it is desirable that it is at least 10 micrometers or more. Next, SiO<sub>2</sub> which remained Films 26 and 27 are exfoliated. As shown in drawing 5 (b), heights 21a is set to micro-lens 3a by using a silicon substrate 21 as the support substrate 7 by the above process, respectively, and the micro-lens array 3 by which crevice 7a was formed in the base can be manufactured according to it.

[0030] Next, with reference to drawing 3 , it explains per example of the manufacture method of the light-receiving section 2. Since the material of the thermoelectric element 11 of this example is the same silicon as a silicon substrate 1, it prepares the silicon substrate which does not have a crevice 10 first, forms the support saddles 4A and 4B which consist of a thin film of titanium on this silicon substrate, forms an insulator layer on the field which should serve as the infrared-absorption layer 12 including the edge of these support saddles 4A and 4B, and forms the infrared-absorption layer 12 which consists of a golden thin film on this insulator layer. Then, the silicon substrate of the portion around the infrared-absorption layer 12 is etched, and a crevice 10 is formed. In this case, the thickness of the silicon left behind as a thermoelectric element 11 can be controlled by control of etching time etc., and the light-receiving section 2 can be manufactured by this. Moreover, the signal transfer circuit 6 on a silicon substrate 1 can be manufactured by the manufacture method of the usual semiconductor device.

[0031] Then, alignment of the micro-lens array 3 formed by the above method is carried out on the silicon substrate 1 in which the light-receiving section 2 and the signal transfer circuit 6 were formed as shown in drawing 1 , it is stuck by pressure, and both are made to rival by heating at several 100 degrees

C in an oxidizing atmosphere. By this, the thermal-type infrared image sensors with which the micro-lens array 3 and the silicon substrate 1 were united are completed.

[0032] In addition, although the heights of micro-lens 3a have come out outside in this example as shown in drawing 1, you may make it appear in an inside (light-receiving section 2) side, and they may use a biconvex lens as micro-lens 3a further. Moreover, you may use the Fresnel lens using diffraction as a micro lens. The modification using this Fresnel lens is explained with reference to drawing 9. In addition, since the composition of those other than a micro lens is the same as that of the gestalt of operation of drawing 1, it gives the same sign to the portion corresponding to drawing 1 in drawing 9, and omits the detailed explanation.

[0033] Drawing 9 (b) is some expansion plans of the thermal-type infrared image sensors of this modification, and as shown in this drawing 9 (b), the micro-lens array 31 which arranges Fresnel lens 31a at constant pitch in all directions, and becomes is installed on the silicon substrate 1. As drawing 9 (a) shows a part of expanded sectional view which meets BB line of drawing 9 (b) and shows it to this drawing 9 (a), each Fresnel lens 31a is constituted by forming two or more \*\*\*\*-like slots in the front face of the support substrate 7 in the shape of a concentric circle, respectively, and the interval of two or more of the slots is so large that it goes to a center. Moreover, the light-receiving section 2 is arranged so that each Fresnel lens 31a may be countered and it may float [in this modification,] through support saddles 4A and 4B on a silicon substrate 1, respectively, and the center of the light-receiving section 2 is located in the focus of Fresnel lens 31a which corresponds mostly. Moreover, crevice 7a was formed in the light-receiving section 2 side of the support substrate 7, and the light-receiving section 2 has countered Fresnel lens 31a through space 9. Other composition is the same as that of the gestalt of operation of drawing 1.

[0034] Fresnel lens 31a of this modification can also be formed with the usual photolithography technology which used the silicon substrate like micro-lens 3a of drawing 1. However, in Fresnel lens 31a, isotropic etching can also form a difficult material easily. In addition, as a material of the micro-lens arrays 3 and 31, you may use germanium (germanium) or sapphire etc. which can penetrate infrared radiation in addition to silicon (Si). For example, when germanium is used, the micro-lens array 3 can be manufactured at the same process as silicon. In this case, what is necessary is just to use a hydrogen fluoride (HF) solution and the mixed liquor of a hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) as anisotropic etching liquid of germanium, for example. Moreover, as isotropic etching liquid of germanium, the mixed liquor of hydrogen fluoride (HF), a nitric acid (HNO<sub>3</sub>), and an acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH) can be used, for example.

[0035] On the other hand, in the present condition, when using sapphire as a material of the micro-lens arrays 3 and 31, since a suitable etching reagent is not found, it is processed by reactive ion etching. Anisotropy dry etching of the sapphire in this case can be performed on the conditions which are conditions which set the mixture of gas of for example, refrigerant 23 (CHF<sub>3</sub>) 32cm<sup>3</sup>/minute, and 16cm (CF<sub>4</sub>) 3 of carbon tetrafluoride / minute, and (Helium helium) 98cm<sup>3</sup>/minute to pressure 0.5torr, and set ion power to 200W (400kHz). However, the isotropic etching of sapphire should just form Fresnel lens 31a of the shape of a diffraction grating shown in drawing 9 (a) by anisotropic etching in the present condition instead of forming micro-lens 3a of the shape of a convex lens shown in drawing 1, since there is nothing of suitable conditions.

[0036] In addition, you may form an antireflection film to the micro-lens arrays 3 and 31. The use efficiency of the infrared radiation which carries out incidence by this can be raised. Next, the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained with reference to drawing 6. This example makes the configuration of the light-receiving section circular, since other composition is the same as that of the gestalt of operation of drawing 1, gives the same sign to the portion corresponding to drawing 1 in drawing 6, and omits the detailed explanation.

[0037] Drawing 6 is the perspective diagram showing a part of outline composition of this example, in this drawing 6, it is condensed by each circular micro-lens 3a of the micro-lens array 3, and the infrared radiation 5 which carries out incidence carries out incidence of each focal position to light-receiving side 13 of circular light-receiving section 2A arranged as center A. In this case, circular light-receiving

section 2A is supported so that it may float in the crevice on a silicon substrate 1 through support saddles 4A and 4B, and the light-receiving side 13A is formed in the almost same size as the condensing circular spot of the infrared radiation 5 by micro-lens 3a. Moreover, light-receiving section 2A consists of an infrared-absorption layer, a thermoelectric element, etc. like the light-receiving section 2 of drawing 1, the heat energy of the infrared radiation which carried out incidence to light-receiving side 13A is transformed into an electrical signal (resistance change) by the thermoelectric element, and the electrical signal is read through support saddles 4A and 4B and the signal transfer circuit 6.

[0038] In this case, in this example, light-receiving side 13 of light-receiving section 2A A is made circular by the almost same size as the condensing spot of infrared radiation. Therefore, since the infrared dosage which the heat capacity C of light-receiving section 2A becomes smaller compared with the gestalt of operation of drawing 1, and carries out incidence to light-receiving section 2A is almost the same, from (3) formulas, amount of temperature changes  $\Delta T$  of light-receiving section 2A becomes large, and its sensitivity improves. Moreover, it is thermal-time-constant  $\tau_T$  from (2) formulas. Since it becomes small, a speed of response becomes large. If one side compares circular light-receiving section 2A of a radius R with the light-receiving section 2 of the square of 2R like drawing 6 like drawing 1 (drawing 2) concretely, using the radius of a condensing spot as R, heat capacity C will become [the direction of circular light-receiving section 2A] small about 22%. Therefore, as for amount of temperature changes  $\Delta T$  of the light-receiving section, the direction of circular light-receiving section 2A becomes large about 24% compared with the square light-receiving section 2. Moreover, thermal-time-constant  $\tau_T$  The direction of circular light-receiving section 2A becomes small about 22%. Thus, by making the light-receiving section circular, a speed of response can be made quick and sensitivity can be made high.

[0039] In addition, when it is complicated to form circular light-receiving section 2A, for example on a manufacturing process, you may form the light-receiving section which makes a profile right n square shapes (n is four or more integers) circumscribed to a condensing circular spot instead of circular light-receiving section 2A. Drawing 7 (a) shows light-receiving section 2B of right n square shapes which have the profile circumscribed to the condensing circular spot 14, and in this drawing 7 (a), when the condensing spot 14 is made into a radius R, it is as follows. [of the area S of light-receiving section 2B of right n square shapes]

[0040]

$$S = n \cdot R^2 \text{ and } \tan(180^\circ/(n)) (5)$$

As shown in drawing 2, the square light-receiving section 2 is the case where Integer n is 4, and the area S of the square light-receiving section 2 is 4 and  $R^2$ . It becomes. And the result which calculated value CS \*\* of the ratio of the area of right n square shapes to the area S of right n square shapes at the time of enlarging the value of Integer n gradually and a square area is shown in Table 1.

[0041]

[Table 1]

整数 n	正 n 角形の面積 S	正方形の面積との比の値 C S
4	$4 \cdot R^2$	1
6	$3.46 \cdot R^2$	0.866
16	$3.18 \cdot R^2$	0.796
36	$3.15 \cdot R^2$	0.787
360	$3.14 \cdot R^2$	0.785

[0042] As shown in Table 1, in the case of right n square shapes, area S decreases, so that Integer n is large. That is, the configuration of light-receiving section 2B becomes small in the range containing the condensing spot 14, and heat capacity decreases gradually, so that Integer n becomes large. Therefore,

amount of temperature changes  $\Delta T$  of the light-receiving section becomes large, and sensitivity becomes high, and a speed of response also improves. In addition, when using light-receiving section 2B of right n square shapes, although the integer n from a sensitivity side is so good that it is large, the light-receiving section 2 of the square of drawing 1 ( drawing 2 ) is sometimes advantageous from a viewpoint of the ease of manufacture. Furthermore, when the wiring to a silicon substrate 1 is taken into consideration, as shown in drawing 7 (b), that it is also convenient has light-receiving section 2C of right 8 square shapes. That is, as support saddles 4C and 4D show if needed, even if it can also pass the support saddle as a lead wire to a longitudinal direction to light-receiving section 2C of right 8 square shapes as support saddles 4A and 4B show, and it passes lengthwise, since it is the same, an electric property has the advantage which the flexibility of a design increases.

[0043] Next, with reference to drawing 8 , it explains per gestalt of operation of the 3rd of this This example makes a vacua space 9 between the silicon substrate 1 of the thermal-type infrared image sensors of drawing 1 , and the micro-lens array 3, and the other composition is the same as that of the gestalt of operation of drawing 1 . Below, an example of the method of making the space 9 a vacua is explained briefly.

[0044] Drawing 8 shows the silicon substrate 1 and the micro-lens array 3 of thermal-type infrared image sensors of this example, and makes the field of the shape of a frame of the front face of the silicon substrate 1 corresponding to the adhesion side 44 the adhesion side 45 by making into the adhesion side 44 the field of the shape of a frame which surrounds crevice 7a by the side of the base of the support substrate 7 which constitutes the micro-lens array 3 in this drawing 8 . And the respectively thin oxide film is formed in the adhesion sides 44 and 45, and a silicon substrate 1 and the micro-lens array 3 are put in in a vacuum furnace, where the adhesion sides 44 and 45 are stuck, it heats at several 100 degrees C, and the micro-lens array 3 and a silicon substrate 1 are stuck. In this case, since the thin oxide film is formed in the adhesion sides 44 and 45, firm attachment can be performed in vacuum atmosphere as well as the inside of an oxidizing atmosphere. Crevice 7a (space 9 of drawing 1 ) of the support substrate 7 of the micro-lens array 3 is maintained by this at a vacua. The grade of the vacuum has  $1 \times 10^{-3}$  or less desirable torrs, in order to prevent heat conduction with a gas effectively.

[0045] Since the surrounding space of each light-receiving section on a silicon substrate 1 (light-receiving section 2 of drawing 1 ) is maintained at a vacuum according to this example, it is the thermal conductance G2 from the light-receiving section in the conductance G of (4) formulas to a circumference gas. It becomes small. Therefore, since conductance G becomes small as a whole, amount of temperature changes  $\Delta T$  of the light-receiving section of (3) formulas becomes still larger, and its sensitivity improves further.

[0046] In addition, of course, composition various in the range which this invention is not limited to the gestalt of above-mentioned operation, and does not deviate from the summary of this invention can be taken.

[0047]

[Effect of the Invention] Since the condensing spot of the infrared radiation by each condensing element of a micro-lens array and the size of the corresponding light-receiving section are the same sizes substantially according to the thermal-type infrared image sensors of this invention, the size of the light-receiving section is mostly made into the minimum in the range which does not leak and can receive the infrared radiation which carries out incidence. Therefore, since the heat capacity of the light-receiving section becomes small and the amount of temperature changes in the light-receiving section becomes large, there is an advantage whose sensitivity of the light-receiving section improves sharply.

[0048] Moreover, a micro-lens array demonstrates the effect of a protection lid to each light-receiving section, and can also perform processing of the dicing which can be set like the erector of the thermal-type infrared image sensors of this invention, without paying special attention. Therefore, while manufacture of the thermal-type infrared image sensors becomes easy, the yield also improves, and there is also an advantage that a manufacturing cost falls.

[0049] Moreover, to the corresponding light-receiving section, two or more condensing elements of a micro-lens array separate space, respectively, and are arranged, and when the width of face of the light-

receiving section of these plurality is the average wavelength grade of the infrared radiation which carries out incidence substantially, in order that supporting [ by the thermal protection structure ]-mostly \*\*\*\*\* recess \*\*\*\*\* may decrease, sensitivity of the light-receiving section improves more. Since the diameter of the minimum of the condensing spot of the infrared radiation according to each condensing element at this time is an average wavelength grade, it can raise the sensitivity of the light-receiving section by extracting the condensing spot of the infrared radiation to a theoretical limitation, and making width of face of the corresponding light-receiving section into an average wavelength grade.

[0050] Moreover, when the space between the light-receiving sections and the micro-lens arrays of these plurality is maintained at the vacuum, the adiathermancy of those light-receiving sections increases and sensitivity improves further. Moreover, since the configuration of the light-receiving section can be most brought close to the configuration of the condensing spot when the light-receiving section of these plurality is circular respectively, and infrared radiation is extracted to a condensing circular spot, the sensitivity of the light-receiving section becomes the highest. Moreover, near sensitivity is obtained, when the light-receiving sections of these plurality are right n square shapes (n is four or more integers) and the light-receiving section is circular. Furthermore, the light-receiving section of right n square shapes may be easy to manufacture.

[0051] Moreover, the light-receiving section of these plurality is supported so that it may float through two or more legs to a semiconductor substrate, respectively, and since the heat energy which escapes from those light-receiving sections to a semiconductor substrate decreases and adiathermancy increases when formed from material with the cross section it is low and small and respectively long thermal conductivity, the sensitivity of the leg of these plurality in the light-receiving section improves further. Thus, since it may be low, the intensity of the leg also has the advantage that the manufacture process of the supporting structure becomes easy, so that the light-receiving section is small, when the light-receiving section is further supported all over space as a suspension object through the leg. Furthermore, since the rate for a weak suspension soma can be mechanically made small, it is effective in the reliability of the whole thermal-type infrared image sensors increasing.

[0052] Moreover, the heat-absorptive section which the light-receiving section of these plurality absorbs the infrared radiation which carries out incidence, respectively, and is changed into heat energy, While having the thermoelectrical transducer which transforms into an electrical signal the heat energy absorbed by this heat-absorptive section and setting the size of the heat-absorptive section as the same size substantially with the condensing spot of the infrared radiation by the condensing corresponding element, respectively Since the size of the thermoelectrical transducer can also use the material which penetrates infrared radiation as the thermoelectrical transducer when it is a size below the corresponding heat-absorptive section, it has the advantage which can use material with high sensitivity. Furthermore, it also becomes possible by making the thermoelectrical transducer small to raise sensitivity more.

[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-209414

(43) Date of publication of application : 07.08.1998

(51) Int.CI. H01L 27/14  
H04N 5/33

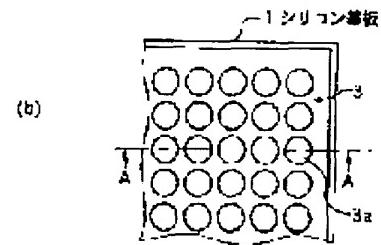
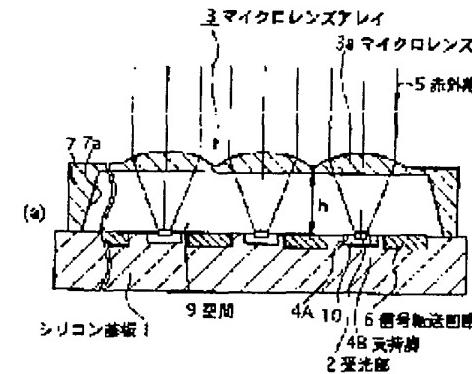
(21) Application number : 09-009233 (71) Applicant : NIKON CORP  
(22) Date of filing : 22.01.1997 (72) Inventor : UDAGAWA KENJI

## (54) THERMAL INFRARED IMAGE SENSOR

### (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a thermal infrared image sensor, which can obtain a high sensitivity using a microlens array.

**SOLUTION:** A multitude of microlenses 3a are arranged on a support substrate 7 in length and width at a constant pitch, whereby a microlens array 3 is formed and light-receiving parts 2 are respectively arranged at positions, where an infrared condensing spot is formed by each microlens 3a, on a silicon substrate 1. By conforming the size of the parts 2 to the size of the condensing spots which are formed by the microlenses 3a, the thermal capacity of each light-receiving part 2 is lessened without decreasing the amount of heat energy which is incided in each part 2. Thereby, the amount of temperature change of the parts 2 is increased and the sensitivity of a thermal infrared image sensor is enhanced.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

[the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office